

**CVD DEVICE**

Patent Number: JP6177051  
Publication date: 1994-06-24  
Inventor(s): MOROOKA HISAO; others: 03  
Applicant(s): TDK CORP  
Requested Patent: ☐ JP6177051  
Application Number: JP19920330533 19921210  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L21/205 ; G01N24/14 ; G01R33/64 ; H01L21/31  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PURPOSE:**To reduce ion damage effectively and to form a film widely and uniformly by laying out a CVD device so that the strength of the magnetic field directly above a substrate is high and is reduced away from the substrate and then controlling it so that the influence due to collision of a charged particle can be avoided for a film-formed object directly above the substrate.  
**CONSTITUTION:**Electromagnets 41a and 41b for increasing the strength of the magnetic field directly above a substrate and for decreasing it away from the substrate are laid out to reduce the speed of an ion moving toward the substrate in the direction of the substrate. Since the speed of the ion entering the substrate differs due to operation pressure, optimum conditions are set by changing the current flowing to the electromagnets 41a and 41b and the position of a substrate 5. Normally, the strength of the magnetic field near the surface of the substrate is approximately 0.2-3.0 KGauss. By using the electromagnets 41a and 41b in a pair, the direction of the magnetic field near the substrate can be aligned nearly vertically for the substrate, thus obtaining uniform crystallizability over a wide area.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06177051 A**(43) Date of publication of application: **24.06.94**

(51) Int. Cl. **H01L 21/205**  
**G01N 24/14**  
**G01R 33/64**  
**H01L 21/31**

(21) Application number: **04330533**(22) Date of filing: **10.12.92**(71) Applicant: **TDK CORP**

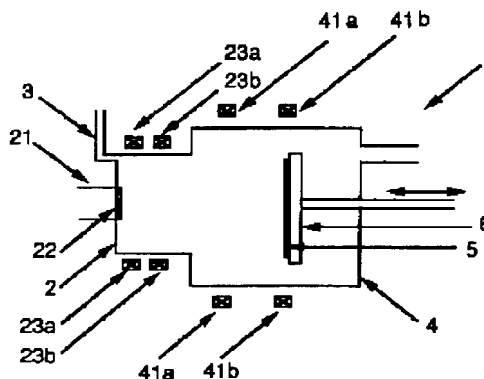
(72) Inventor:  
**MOROOKA HISAO**  
**YOKOTA HIDEAKI**  
**SUZUKI YOICHI**  
**OMORI MIKIO**

**(54) CVD DEVICE****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To reduce ion damage effectively and to form a film widely and uniformly by laying out a CVD device so that the strength of the magnetic field directly above a substrate is high and is reduced away from the substrate and then controlling it so that the influence due to collision of a charged particle can be avoided for a film-formed object directly above the substrate.

**CONSTITUTION:** Electromagnets 41a and 41b for increasing the strength of the magnetic field directly above a substrate and for decreasing it away from the substrate are laid out to reduce the speed of an ion moving toward the substrate in the direction of the substrate. Since the speed of the ion entering the substrate differs due to operation pressure, optimum conditions are set by changing the current flowing to the electromagnets 41a and 41b and the position of a substrate 5. Normally, the strength of the magnetic field near the surface of the substrate is approximately 0.2-3.0 KGauss. By using the electromagnets 41a and 41b in a pair, the direction of the magnetic field near the substrate can be aligned nearly vertically for the substrate, thus obtaining uniform crystallizability over a wide area.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-177051

(43)公開日 平成6年(1994)6月24日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/205

G 0 1 N 24/14

G 0 1 R 33/64

H 0 1 L 21/31

C

9219-2J

G 0 1 N 24/14

審査請求 未請求 請求項の数5(全 6 頁)

(21)出願番号

特願平4-330533

(22)出願日

平成4年(1992)12月10日

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)発明者 師岡 久雄

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー  
ディーケイ株式会社内

(72)発明者 横田 英明

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー  
ディーケイ株式会社内

(72)発明者 鈴木 洋一

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー  
ディーケイ株式会社内

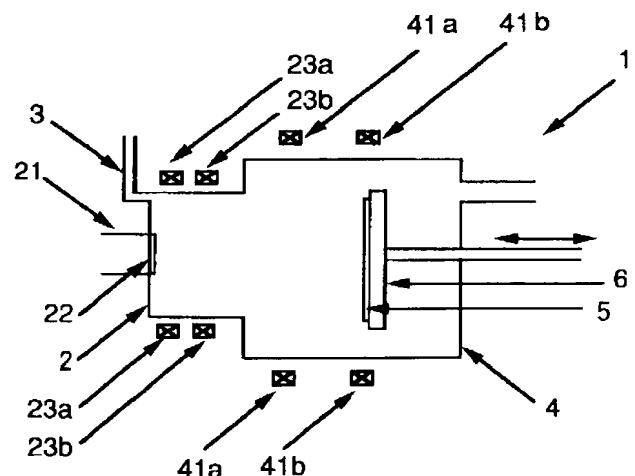
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 CVD装置

(57)【要約】

【構成】 マイクロ波、高周波、もしくは直流などの電磁エネルギーを印加することによって生成したプラズマを用いたCVD装置において、基板直上の磁場強度が高く、基板から離れるにしたがって低下するように配置し、荷電粒子の基板方向への速度が充分減速し、基板直上で成膜物に対して荷電粒子の衝突による影響が回避できるように制御する磁気回路を有するプラズマCVD装置である。

【効果】 基板に入射するイオンの速度を磁場を印加により低減し、イオンダメージを防止する事により、動作圧力の低下を実現し、大面積化、均一でかつ純度の高い膜を形成することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電磁エネルギーを印加することによって生成したプラズマを用いたCVD装置において、基板直上の磁場強度が高く、基板から離れるにしたがって低下するように配置し、荷電粒子の基板方向への速度が充分減速し、基板直上で成膜物に対して荷電粒子の衝突による影響が回避できるように制御する磁気回路を有するCVD装置。

【請求項2】 前記プラズマ生成手段が、エレクトロン・サイクロトロン・レゾナンス型のプラズマ生成手段である請求項1のCVD装置。

【請求項3】 基板付近の磁場ベクトルの向きが基板面と直交している請求項1または2のCVD装置。

【請求項4】 基板付近の磁場ベクトルの基板面と垂直方向の成分が、基板表面からプラズマ側に向かう請求項1または2のCVD装置。

【請求項5】 磁気回路がミラー型磁場によって形成されている請求項1または2のCVD装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、プラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) 装置に関し、特にイオンによるダメージが少なくかつ大面積のプラズマ処理が可能なCVD装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ダイヤモンド薄膜やアモルファスSi薄膜の形成には、プラズマCVDが用いられている。

【0003】プラズマCVDやプラズマエッチング等のプラズマ処理におけるプラズマ生成源としては、たとえば特開昭64-65843号公報に開示されているような有磁場マイクロ波プラズマ生成、特にエレクトロン・サイクロトロン・レゾナンス (ECR) を利用したプラズマ生成手段や、この他高周波誘導加熱や直流プラズマ等を利用したプラズマ生成手段などが挙げられる。これらのうち、高密度のプラズマが得られて処理速度が高いことから、ECR等の有磁場マイクロ波を用いるものが注目されている。

【0004】ECRプラズマ生成装置は、電界と磁界の相互作用により共鳴的に電子を加速し、この電子の衝突によりガスをプラズマ化するものである。また、このようにして生成したプラズマからイオン引き出し等の制御電極により所望のイオンを取り出す方法も知られている (特開昭60-103099号公報)。

【0005】プラズマCVDは、このようにして生成したプラズマ中のイオン、ラジカル等の電離・解離種を基板上に堆積させる事により成膜を行うものである。また特開昭64-65843号公報に示されているように、このプラズマから電子を引き出し、引き出された電子を原料ガスに衝突させてプラズマ化し、発生したイオン、ラジカルなどを基板に堆積させる事もできる。

【0006】ところで、プラズマCVDを行う際、イオンによる堆積物および基板へのダメージが問題になる。この回避方法として基板に正バイアス電圧を印加する方法があるが、基板の面積を大きくすると基板電位 ( $V_s$ ) の印加によりプラズマ電位 ( $V_p$ ) も増加し、効果的に  $V_s - V_p$  の電位を正に制御する事ができず、その結果イオンダメージを回避する事ができない。

【0007】実際、ダイヤモンドのプラズマCVDでは、通常  $10 \sim 10^2$  Torr の動作圧力が必要であり、 $10^2$  Torr 以下ではダイヤモンド薄膜の作成が困難であるとされている。この理由としてイオンダメージによるダイヤモンド構造の破壊が考えられている。これを回避するためには圧力を上げて、プラズマ中での粒子間の衝突頻度を増加させれば良い。しかし、 $10 \sim 10^2$  Torr の高気圧放電では、生成されるプラズマは局在化してしまい、大面積のプラズマ処理は不可能となる。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、イオンダメージを効果的に低減し大面積にかつ均一に成膜を行う事のできるプラズマCVD装置を提供する事である。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】このような目的は、下記 (1) ~ (5) の本発明により達成される。

【0010】(1) 電磁エネルギーを印加することによって生成したプラズマを用いたCVD装置において、基板直上の磁場強度が高く、基板から離れるにしたがって低下するように配置し、荷電粒子の基板方向への速度が充分減速し、基板直上で成膜物に対して荷電粒子の衝突による影響が回避できるように制御する磁気回路を有するCVD装置。

【0011】(2) 前記プラズマ生成手段が、エレクトロン・サイクロトロン・レゾナンス型のプラズマ生成手段である上記1のCVD装置。

【0012】(3) 基板付近の磁場ベクトルの向きが基板面と直交している上記1または2のCVD装置。

【0013】(4) 基板付近の磁場ベクトルの基板面と垂直方向の成分が、基板表面からプラズマ側に向かう上記1または2のCVD装置。

【0014】(5) 磁気回路がミラー型磁場によって形成されている上記1または2のCVD装置。

【0015】ここで、第1の発明でいう電磁エネルギーとは、マイクロ波、高周波、直流などをいう。

## 【0016】

【作用および効果】磁場の強さ ( $B$ ) が基板から離れるに従い減少する場合、基板に向かって運動するイオン (質量;  $M$ ) は、磁場の増加に伴い、磁場と垂直方向の速度 ( $v_i$ ) が増加する。

【0017】これは、下式で表される第1断熱不変量である磁気モーメント ( $\mu$ ) 及びイオンの全運動エネルギー

一 ( $Mv^2/2$ ) が保存されるためである。

【0018】  $\mu = Mv^2/2B$

$Mv^2/2 = M(v^2 + v_z^2)/2$

このため、磁場ベクトルと平行なイオンの速度 ( $v_z$ ) は減少する。このことから、基板直上の磁界強度および分布を成膜条件によって適便制御する事により、基板へ入射するイオンの基板垂直方向速度を減少させる事ができ、その結果イオンダメージは減少する。

【0019】プラズマCVDでは、0.1 Torr台での成膜はプラズマ中で、イオン化した原料ガスが2次イオンを形成し、原料ガスと異なった多原子分子のイオンやラジカルを生成するため、原料ガスによる反応活性種の制御が困難になる。またこれらの2次イオンの中には、成膜反応を阻害する反応活性種も存在し、結晶構造が低下したり、不純物を多量に含む膜になる。

【0020】一方圧力を10<sup>-3</sup>Torr以下にすると、プラズマによって生成するイオン種は1次イオンがほとんどであり、上記弊害は除去されるが、低気圧放電では、イオンの平均自由行程が長く、プラズマ中で中性種との衝突が少ないことから、イオンは減速されず、成膜物のイオンダメージが問題になる。たとえば、ダイヤモンド薄膜のように、真空度10<sup>-3</sup>Torr以下での成膜が困難な材料では、その原因として高速イオンによる膜のダメージが考えられるが、上記の磁気回路を装置に付与する事により、10<sup>-3</sup>Torr以下でイオンダメージが回避でき、純度が高くかつ大面積のダイヤモンド薄膜の作成が可能となった。

【0021】このように、特に10<sup>-3</sup>Torr以下の真空中でのCVDにおいて、成膜の難しいダイヤモンド、SiC、c-BNなどを成膜するのに有効である事がわかった。

【0022】

【具体的構成】以下、本発明の具体的構成について詳細に説明する。図1～図3について説明する。図1には、本発明の好適実施例が示される。

【0023】図1において、CVD処理装置1は、処理室4内にプラズマ生成室2を有し、このプラズマ生成室2に連通して原料ガス導入口3を設ける。プラズマ生成室2には、マイクロ波電源（図示せず）と接続された導波管21がマイクロ波導入窓22を介して設けられており、また、プラズマ生成室2の外周には磁石としてヘルムホルツ型の電磁石23a、23bが設けられており、これらがエレクトロン・サイクロトロン・レゾナンス（以下、ECRと呼ぶ）型等の有磁場マイクロ波プラズマ生成手段を構成している。また、処理室4内には、真空排気口が設けられ、所定の動作圧力とする事ができるとともに、基板ホルダ6が移動可能に設けられており、所定の基板温度に加熱した状態で、処理室4内の所定の位置に設置できるようにされている。

【0024】プラズマ生成室2では、マイクロ波導入窓

22からマイクロ波が導入されており、同時に、プラズマ生成室内には電磁石23a、23bにより好ましくはECR条件を満たす磁界が付与されている。このため、プラズマ生成室2内の電子は、この磁界とマイクロ波の電界とにより加速されて原料ガス粒子と衝突し、プラズマが生成する。

【0025】また図2のCVD処理装置1は、処理室4の内部に高周波電極7を対向して配置し、この電極間に高周波電源8により電力を印加する事によりプラズマを生成する容量結合型プラズマCVD装置を示している。

【0026】この他にも、反応容器外周にコイルを配置し、このコイルに高周波を印加してプラズマを生成する誘導結合型プラズマCVD装置、直流電圧を印加してプラズマを生成する直流プラズマCVD装置などがある。

【0027】従来のプラズマCVDでは、0.1 Torr台での成膜はプラズマ中で、イオン化した原料ガスが2次イオンを形成し、原料ガスと異なった多原子分子のイオンやラジカルを生成するため、原料ガスによる反応活性種の制御が困難になる。またこれらの2次イオンは、成膜反応を阻害する反応活性種がつけられ、結晶構造が低下したり、不純物を多量に含む膜になる。

【0028】一方従来のCVD装置において圧力を10<sup>-3</sup>Torr以下にすると、プラズマによって生成するイオン種は1次イオンがほとんどであり、上記弊害は除去されるが、荷電粒子の平均自由行程長いため、成膜物のダメージが問題になる。すなわち、圧力が10<sup>-3</sup>Torrと低いことから、プラズマ中で荷電粒子と原料ガスなどの中性種との衝突がほとんど起こらず、その結果荷電粒子は減速されずに基板表面に到達する。特にイオンはその質量が電子と較べて大きいため、成膜物はダメージ（イオンダメージ）を受け、結晶性が低下する。

【0029】本発明では、このような問題を解決することを目的とし、基板に向かって運動するイオンの基板方向の速度を減少させるため、基板直上の磁場の強さを強くし基板から離れるに従い減少させる電磁石41a、41bを配置している。一般に動作圧力によって基板に入射するイオンの速度が異なるため、電磁石41a、41bに流す電流及び、基板5の位置を変化させることによって最適条件を設定するが、通常、基板表面近傍の磁場強度としては0.2～3.0kGauss程度である。

【0030】図1、図2に示すように、電磁石41a、41bは1対で用いることにより、基板近傍の磁場の向きを基板に対してほぼ直角に揃えることができ、広い面積にわたり均一な結晶性を得ることが可能となる。一方、この電磁石は、図3に示すように、基板近傍の磁界強度を充分大きく取ることができれば、1台でもよい。

【0031】また図4、図5に、図1の装置における中心軸上の磁場強度の計算結果を示す。図において、左側の磁場はECRプラズマを生成するために生じた磁場あり、右側の磁場は、イオンダメージを軽減するために発

生させた磁場である。また図4、図5は各々イオンダメージを軽減するためには発生させた磁場の向きがECRの磁場の向きと同方向の場合（以降、ミラー型磁場と呼ぶ）、逆方向の場合について示した。図から明らかなようにいずれの場合もイオンダメージを軽減する効果の指標である、最大磁場強度（ $B_{max}$ ）と最小磁場強度（ $B_{min}$ ）の比（ $(B_{max} - B_{min}) / B_{min}$ ）を大きくとることができ、有効であることがわかる。

【0032】本発明が適用されるプラズマCVDに制限はなく、ダイヤモンド、アモルファス状のシリコン、SiC、カーボン、SiNx、SiOx等、多結晶状のシリコン、SiC、c-BN等、単結晶状のシリコン、SiC、c-BN、ダイヤモンド等のいずれの成膜にも本発明は有効である。

【0033】これらの成膜に際して、基板温度等の各種条件に特に制限はなく、目的に応じて適宜決定すれば良い。これらのプラズマCVDにおいて用いる原料ガスは、ダイヤモンド成膜に用いる炭化水素及び水素、アモルファスSi成膜に用いるシランガス等、通常の反応性ガスであってよく、特に制限はない。

#### 【0034】

【実施例】以下具体的実施例を挙げ、本発明をさらに詳細に説明する。

【0035】図1に示されるようなCVD処理装置1を用いて、ダイヤモンド薄膜の成膜を行った。すなわち基板ホルダ6に基板をセットし、図1の状態にした。基板としては、Si(100)を用いた。ついで系内を $1 \times 10^{-4}$ Torrに排気し、基板温度を600℃に上昇させ、さらに排気を行った。

【0036】圧力が $1 \times 10^{-4}$ Torrに到達後、原料ガスを原料ガス導入口3から導入した。

【0037】原料ガスは容量比で $CH_4/H_2 = 1/9$ 、流量 $CH_4: 1\text{ sccm}$ 、 $H_2: 9\text{ sccm}$ である。その後、自動圧力制御装置（APC）により、反応圧力 $3 \times 10^{-4}$ Torrに設定した。

【0038】またイオンダメージを軽減するための電磁石41a、41bは、図4に示す基板表面近傍で磁場強度が強く、基板から離れるに従い弱くなるように電磁石の電流値を変化させた。本条件では、図中に示した $B_{max}$ と $B_{min}$ の比（ $(B_{max} - B_{min}) / B_{max}$ ）を $\sim 1$ となるように調整した。無論この値は、成膜物および圧力などの条件によって適宜調整されるものである。また基板の位置は、磁場強度が極大を示す $B_{max}$  \*  
\* xに設定した。

\* xに設定した。

【0039】次にプラズマ生成室2に、2.45GHz、500Wのマイクロ波を投入し、ECRプラズマを発生させた。このとき基板温度は600℃に加熱保持している。

【0040】得られた膜に対してX線回折、ラマン分光分析、走査型電子顕微鏡により分析したところ、均一なダイヤモンドが4インチ基板上に成膜できた。

【0041】また、これと比較のため、電磁石41a、41bの電流を印加しない場合の実験を行ったところ、グラファイトの膜しか得られなかった。

【0042】以上の結果から、本発明の効果が明かである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のCVD装置の好適実施例を表す構成図である。

【図2】 本発明のCVD装置の好適実施例を表す構成図である。

【図3】 本発明のCVD装置の好適実施例を表す構成図である。

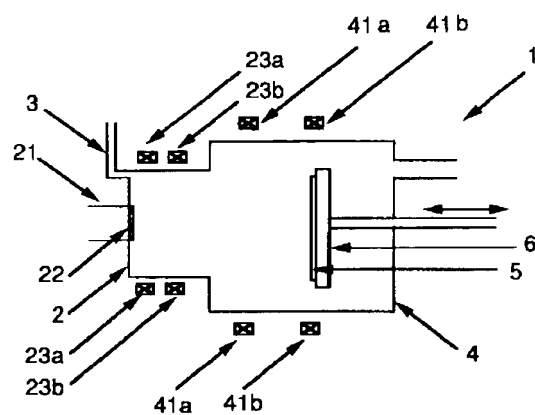
【図4】 本発明のイオンダメージ阻止用磁石の中心軸上の磁場強度分布の計算例である。図は、イオンダメージを軽減するために発生させた磁場の向きがECR磁場の向きと同方向の場合を示す。

【図5】 本発明のイオンダメージ阻止用磁石の中心軸上の磁場強度分布の計算例である。図は、イオンダメージを軽減するために発生させた磁場の向きがECR磁場の向きと逆方向の場合を示す。

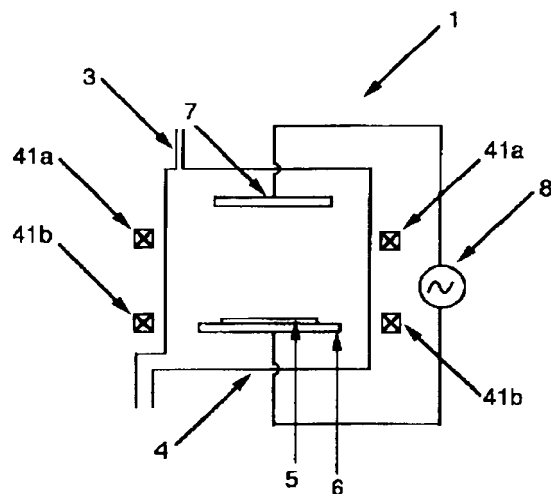
#### 【符号の説明】

- 1 CVD処理装置
- 2 プラズマ生成室
- 21 導波管
- 22 マイクロ波導入窓
- 23a 電磁石
- 23b 電磁石
- 3 原料ガス導入口
- 4 処理室
- 41 電磁石
- 41a 電磁石
- 41b 電磁石
- 5 基板
- 6 基板ホルダー
- 7 高周波電極
- 8 高周波電源

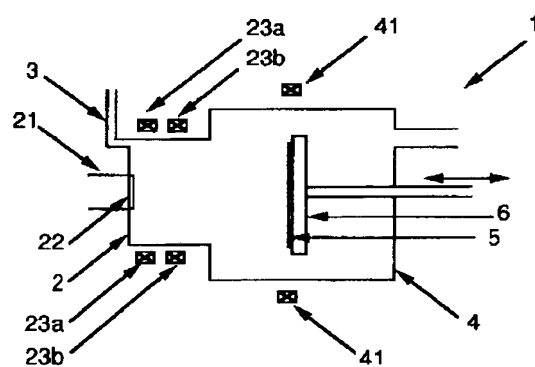
【図1】



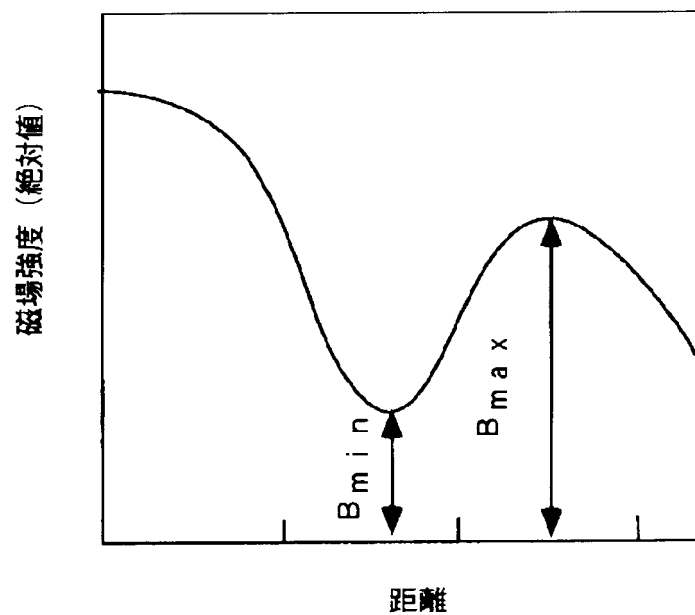
【図2】



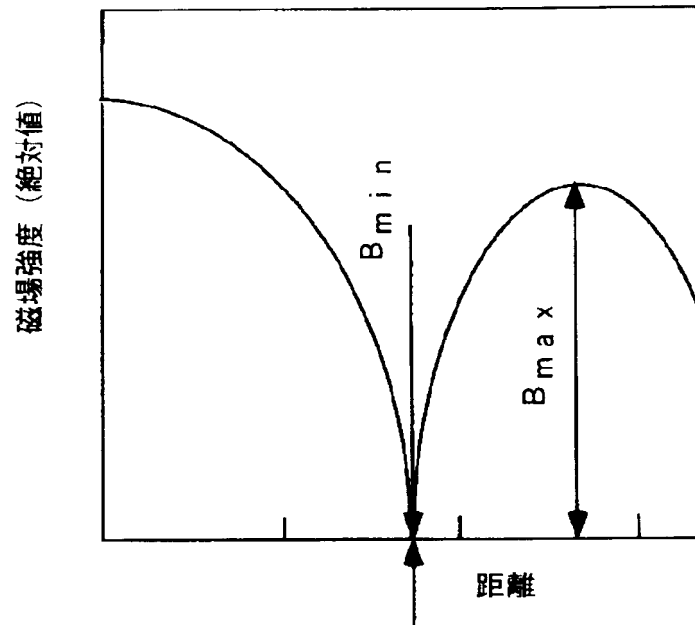
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 大森 幹夫  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ディー  
ディーケイ株式会社内